

PENGEMBANGAN METODA KOREKSI RADIOMETRIK CITRA SPOT 4 MULTI-SPEKTRAL DAN MULTI-TEMPORAL UNTUK MOSAIK CITRA

Kustiyo^{*)}, Ratih Dewanti^{*)}, Inggit Lolitasari^{*)}

^{*)} Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, LAPAN

e-mail: kuslapan@yahoo.com

Abstract

This research analyzed the radiometric correction method using SPOT 4 imageries to produce the same reflectance for the same land cover. Top of Atmosphere (TOA) method was applied in previous radiometric correction approach, this TOA approach was upgraded with the reflectance effect from difference satellite viewing angle. The 250 scene of Central Kalimantan SPOT-4 imageries from 2006 until 2012 with varies viewing angle was used. This research applied two step approaches, the first step is TOA correction, and second step is normalization using linier function of reflectance and satellite viewing angle. Gain and offset coefficient of this linier function was calculated using iterative approach to minimize the standard deviation of digital number from forest area in the selected region. The result shows that the standard deviation of digital number from forest area in the two steps approach are 8.6, 16.5, and 16.8 for band 1, band 3 and band 4. These values are smaller compared with the standard deviation of digital number result from TOA approach are 15.0, 28,3 and 34.7 for band 1, band 3 and band 4. The smaller the standard deviation results are the better in visualized the result.

Key Words: *Radiometric correction, Reflectance, Viewing angle*

Abstrak

Penelitian ini mengkaji metoda koreksi radiometrik data SPOT-4 sehingga setiap obyek tutupan lahan yang sama pada citra SPOT 4 akan mempunyai nilai reflektansi yang sama. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan koreksi radiometrik dengan menggunakan pendekatan *Top Of Atmosphere correction (TOA)*, sedangkan pada penelitian ini mengembangkan metoda TOA tersebut dengan menambahkan pengaruh sudut perekaman (*viewing angle*) satelit dari citra SPOT 4 multitemporal terhadap nilai reflektansi obyek. Data yang digunakan adalah 250 scene citra SPOT 4 wilayah Kalimantan Tengah perekaman tahun 2006 sampai tahun 2012 dengan berbagai sudut perekaman. Koreksi radiometrik pada penelitian ini meliputi dua tahap, pertama dilakukan koreksi radiometrik menggunakan koreksi radiometrik TOA berdasarkan parameter posisi matahari, selanjutnya dilakukan koreksi radiometrik berdasarkan sudut perekaman satelit dengan menggunakan fungsi linier antara reflektansi hasil koreksi TOA dengan sudut perekaman satelit. Koefisien gain dan offset dari fungsi linier tersebut ditentukan menggunakan teknik iterasi dengan target meminimalkan standar deviasi untuk reflektansi obyek hutan dari area yang dipilih. Evaluasi hasil dilakukan dengan membandingkan standar deviasi reflektansi obyek hutan dari area yang dipilih antara hasil koreksi radiometri koreksi TOA, dengan hasil koreksi radiometrik menggunakan metoda dua tahap yang dikembangkan. Standar deviasi nilai digital obyek hutan hasil penelitian untuk kanal 1, kanal 3, dan kanal 4 berturut turut adalah 8.6, 16.5, dan 16.8. Nilai standar deviasi ini lebih kecil dibandingkan dengan standar deviasi obyek hutan dari hasil koreksi radiometrik TOA yaitu sebesar 15.0, 28,3 dan 34.7 untuk kanal 1, kanal 3 dan kanal 4. Mengecilnya nilai standar deviasi obyek hutan dapat dilihat dari kenampakan obyek hutan yang lebih seragam atau mirip pada tampilan citra secara visual.

Kata Kunci: *Koreksi radiometrik, Reflektansi, Sudut perekaman*

1. Pendahuluan

Data penginderaan jauh telah dimanfaatkan di hampir semua aspek kehidupan di bumi, antara lain prediksi cuaca dan iklim, mitigasi bencana alam, kesehatan, pertanian, kehutanan, kelautan, perkotaan, pertahanan dan keamanan dan masih banyak bidang lainnya. Hal ini disebabkan data penginderaan jauh memberikan informasi tentang objek dan fenomena yang terjadi melalui analisis data satelit mencakup wilayah yang luas, kontinu, dan akurat tanpa diperlukan kontak langsung dengan objek atau fenomena tersebut (Lillesand et al. 2007). Akan tetapi informasi yang dihasilkan akan menjadi lebih akurat jika telah melalui dua proses koreksi, yaitu koreksi geometrik dan radiometrik, terlebih pada kebanyakan citra satelit yang digunakan adalah menggunakan sensor jenis passive. Sensor passive adalah sensor satelit yang tergantung pada sumber cahaya dari luar, umumnya adalah matahari. Namun pada penelitian ini

hanya dibatasi tentang pembahasan metode koreksi radiometrik yang sesuai untuk citra satelit tertentu, yaitu SPOT 4.

Koreksi radiometrik dijabarkan sebagai pengukuran nilai radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu dari sinar ultraviolet, sinar tampak, inframerah hingga radiasi gelombang mikro yang digunakan untuk mendeteksi objek dari pantulan refleksi irradiant sinar matahari disetiap kanal spektral (Schott, 2007). Manfaat dari koreksi radiometrik adalah memperbaiki kualitas citra akibat dari kesalahan pantulan permukaan atau kelengkungan bumi dan faktor lain, seperti arah sinar matahari, kondisi cuaca, kondisi atmosfer dan faktor lainnya, sehingga informasi yang dihasilkan menjadi lebih akurat, seperti dapat memperkirakan perbedaan parameter biofisik tanaman (*biophysical vegetation*), diantaranya tingkat konsentrasi klorofil daun (Main et al., 2011). Selain itu, koreksi radiometrik sangat bermanfaat untuk menganalisis data multitemporal dan multi sensor yang digunakan untuk interpretasi dan mendeteksi perubahan secara kontinu.

Citra satelit SPOT 4 merupakan citra satelit dengan resolusi menengah yaitu 20 meter resolusi spasial untuk citra multispectral dan 10 meter untuk citra pankromatik dengan periode pengulangan (*revisit time*) 4 hingga 11 kali dalam 26 hari periode putaran (CNES, 2013). Ketersediaan data SPOT 4 yang diakuisisi di LAPAN cukup banyak dari tahun 2006 – 2012, menjadikan data satelit ini cukup berperan dalam mensuplai informasi untuk berbagai bidang aplikasi, seperti monitoring perubahan hutan. Akan tetapi pemanfaatan data ini harus didukung oleh koreksi geometrik dan radiometrik dengan metoda yang cukup kuat, dikarenakan sifat data SPOT-4 yang memiliki sudut perekaman (*viewing angle*) nadir maupun off nadir. Sudut perekaman off nadir yang digunakan bervariasi mulai dari -30 degree sampai +30 degree. Hal ini berpengaruh pada proses koreksi radiometrik yang selanjutnya dilakukan penggabungan data (*mosaic*).

Upaya pemanfaatan data SPOT 4 dengan melakukan koreksi radiometrik telah dilakukan oleh Trisakti B, dkk, untuk pemantauan tingkat kekeruhan (TSM: *Total Suspended Material*) di Danau Limboto selama periode 1990-2010 (2012). Pada penelitian tersebut, data citra SPOT 4 yang digunakan telah terproses koreksi radiometrik hingga tahapan koreksi *Top of Atmosfer (TOA)*. Namun, pada penelitian tersebut hanya menggunakan citra SPOT 4 untuk satu scene lokasi di tanggal 7 Mei 2010, sedangkan citra multitemporal lain yang digunakan adalah citra Landsat di tahun 1990, 2000 dan 2002. Sedangkan pada wilayah yang lebih luas, diperlukan langkah koreksi lanjutan menginggat posisi sudut perekaman yang bervariasi dari sejumlah data SPOT 4 yang akan digabungkan.

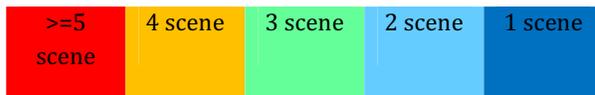
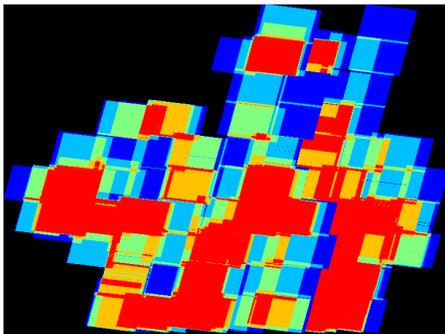
Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan metoda koreksi TOA dengan menambahkan pengaruh sudut perekaman satelit dari citra SPOT 4 multitemporal terhadap nilai reflektansi obyek hasil koreksi TOA, sehingga memperkecil nilai standar deviasi antara scene yang berbeda waktu perekaman dan berbeda sudut perekaman. Satelit.

2. Data dan Metoda

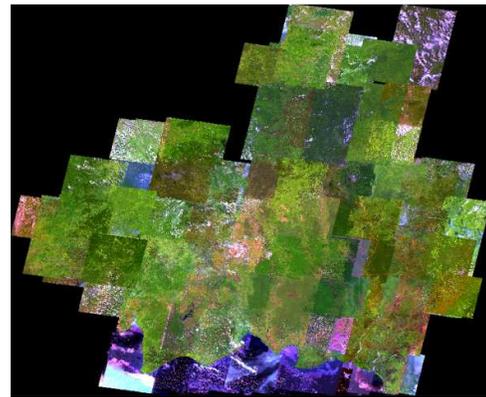
2.1. Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data SPOT-4 multispektral 4 kanal level pengolahan 2A (*georeference*), wilayah Kalimantan Tengah sebanyak 250 scene yang direkam oleh Balai Penginderaan Jauh LAPAN-Parepare dari tahun 2006 sampai tahun 2012. Beberapa wilayah direkam lebih dari 5 kali yang ditunjukkan oleh warna merah pada gambar 1, sedangkan beberapa wilayah lainnya hanya 1 kali perekaman yang ditunjukkan dengan warna biru pada gambar 2-1. Data yang digunakan menutupi seluruh wilayah Kalimantan Tengah. Pada gambar 2 menunjukkan kondisi liputan awan dari data SPOT 4 yang digunakan, secara umum seluruh wilayah yang digunakan 90% bebas awan.

Semua data SPOT 4 hasil perekaman Balai Penginderaan Jauh LAPAN-Parepare digunakan dalam penelitian ini, baik sudut perekaman nadir maupun off nadir. Sudut perekaman off nadir yang digunakan bervariasi mulai dari -30 degree sampai +30 degree.



Gambar 2-1. Jumlah data SPOT-4 wilayah Kalimantan Tengah hasil perekaman Balai Penginderaan Jauh LAPAN-Parepare tahun 2006 sampai tahun 2012



Gambar 2-2. Mosaik data SPOT-4 wilayah Kalimantan Tengah hasil perekaman Balai Penginderaan Jauh LAPAN-Parepare tahun 2006 sampai tahun 2012

2.2. Koreksi Radiometrik Citra

Citra satelit pada umumnya mengandung nilai Digital Number (DN) asli yang belum diproses berdasarkan nilai spektral radian sesungguhnya yang berdampak pada hasil informasi yang kurang akurat. Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai sudut perekaman, lokasi matahari, kondisi cuaca dan faktor pengaruh lainnya. Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi radiometrik untuk memperbaiki nilai piksel dengan cara mengkonversi nilai DN menjadi nilai unit spektral reflektan (*reflectance*). Proses koreksi radiometrik dikelompokkan menjadi 3 kelompok utama, yaitu:

- a. Koreksi radiometrik akibat pengaruh kesalahan faktor internal sensor (koreksi radiometri sistematis)
- b. Koreksi radiometrik akibat pengaruh kesalahan faktor eksternal (*reflectance*)
- c. Koreksi atmosfer

Koreksi radiometrik akibat pengaruh kesalahan faktor internal sensor sering disebut sebagai koreksi radiometrik sistematis. Pada umumnya produk standar data citra optik resolusi menengah sudah dilakukan koreksi radiometrik sistematis. Namun informasi dari hasil koreksi sistematis belum sesuai dengan kondisi objek sesungguhnya dikarenakan pada saat radiasi elektromagnetik direkam oleh sensor satelit, radiasi elektromagnetik telah melewati atas atmosfer dan atmosfer bumi sebanyak dua kali, yaitu pada saat sinar matahari mengenai objek dan pada saat objek merefleksikannya ke sensor. Pada proses ini telah terjadi absorpsi dan penghamburan radiasi yang arahnya dapat berubah. Oleh karena dampak dari proses ini adalah adanya *effect haziness* yang mengurangi kontras citra dan *effect adjacency* yang mana nilai radian direkam berdasarkan dari penggabungan dari nilai hamburan piksel yang terdekat. Untuk mengurangi efek tersebut, maka perlu untuk dilakukan koreksi akibat kesalahan faktor eksternal dan koreksi atmosfer. Koreksi radiometri akibat pengaruh kesalahan faktor eksternal adalah koreksi radiometri yang disebabkan oleh perbedaan posisi matahari, sudut perekaman, dan topografi wilayah. Sedangkan proses koreksi radiometri karena faktor eksternal atmosfer meliputi koreksi atmosfer atas (*Top of Atmosphere*), BRDF (*Bidirectional Reflectance Difference Function*), dan Slope Correction. Hasil dari koreksi radiometri karena faktor eksternal biasanya berupa nilai *reflectance* objek yang merupakan rasio dari radian terhadap irradian.

2.2.1. Koreksi Radiometrik Top of Atmosphere (TOA)

Koreksi radiometrik TOA dilakukan melalui dua tahap, tahap pertama adalah konversi nilai DN menjadi nilai spektral radian, dan tahap ke-dua adalah konversi nilai spektral radian menjadi nilai spektral reflektan.

A. Mengkonversi nilai DN ke nilai spektral radian

Pada proses ini diperlukan informasi Gain dan Bias dari sensor di setiap band. Transformasi dilakukan berdasarkan kurva kalibrasi DN ke radian yang telah dihitung secara sistematis. Kalibrasi dilakukan sebelum sensor diluncurkan dan tingkat akurasi menurun seiring dengan sensitivitas sensor yang berubah sepanjang waktu, sehingga diperlukan kalibrasi ulang sensor.

Metode untuk mengkalibrasi nilai DN menjadi nilai spektral radian (L_λ) adalah sebagai berikut:

$$L_\lambda = \text{Bias} + (\text{Gain} \times \text{DN}) \quad (2-1)$$

Adapun formula yang digunakan untuk menghitung nilai Gain dan Bias adalah bervariasi untuk setiap citra yang diproses. Gain dan Bias untuk setiap band λ dihitung dari batas nilai terendah ($L_{\min,\lambda}$) dan tertinggi ($L_{\max,\lambda}$) dari jarak spektral radian setelah kalibrasi. Dimana nilai L_{\max} and L_{\min} dapat diperoleh di file header. Metode untuk menentukan nilai Gain dan Bias tersebut adalah sebagai berikut

$$\text{Gain} = \frac{L_{\max,\lambda} - L_{\min,\lambda}}{254 - 255} ; \text{Bias} = L_{\min,\lambda} \quad (2-2)$$

B. Mengkonversi nilai spektral radian ke nilai spectral reflektan

Langkah selanjutnya adalah menormalisasi nilai irradian dengan mengkonversi nilai spektral radian dengan mempertimbangkan nilai cosinus akibat dari perbedaan sudut matahari dan nilai exoatmospheric irradian dari perbedaan nilai spektral di setiap kanal. Dengan demikian nilai reflektan exoatmospheric adalah kombinasi faktor kelengkungan permukaan dan reflektan atmosfer yang dihitung menggunakan persamaan berikut;

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{ESUN_\lambda \cdot \cos\theta_s} \quad (2-3)$$

Dimana: ρ_p = Reflektan

L_λ = Radiansi

d^2 = Jarak bumi dan matahari secara satuan astronomi

$ESUN_\lambda$ = Nilai Irradiansi

θ_s = Sudut zenith matahari dalam derajat

Informasi Irradiansi untuk kanal SPOT 4 untuk vir 1 yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2-1.

Tabel 2-1. SPOT 4 Solar Exoatmospheric Irradiansi $ESUN_\lambda$

Kanal	Satelit SPOT 4
Kanal-1	1858
Kanal-2	1573
Kanal-3	1043
Kanal-4	236

Berdasarkan persamaan tersebut, nilai d^2 , sun zenit (sz) dan sun elevation (se), ditentukan sebagai berikut:

$$d^2 = 1 - 0.0168 \cdot \cos\left(\left(\frac{\text{julday}}{365}\right) \cdot 360\right) / 180 \cdot \pi;$$

$$\text{sz} = (90.0 - \text{se}) / 180 \cdot \pi;$$

2.3. Koreksi Radiometrik Menggunakan Sudut Perekaman Satelit

Setelah dilakukan koreksi TOA, langkah selanjutnya adalah melakukan kalibrasi atau normalisasi hasil koreksi radiometrik TOA dengan memperhitungkan pengaruh sudut perekaman satelit (*viewing angle*) pada citra SPOT 4 multitemporal. Koreksi radiometric ini disebut sebagai koreksi dua tahap. Kalibrasi atau normalisasi dilakukan dengan cara mengalikan nilai reflektan hasil koreksi radiometrik dengan faktor pengali, dimana faktor pengali ini merupakan fungsi dari sudut perekaman satelit. Nilai reflektan objek yang diambil adalah objek hutan, baik hutan alami maupun hutan sekunder.

Hipotesa yang diambil dalam penelitian ini adalah bahwa untuk objek hutan, maka meningkatnya sudut perekaman satelit akan menurunkan nilai reflektan, sehingga nilai reflektan hasil TOA perlu dikalikan dengan nilai bilangan lebih dari 1 (satu), sebaliknya sudut perekaman satelit yang rendah akan

menaikkan nilai reflektan objek hutan sehingga nilai reflektan hasil TOA perlu dikalikan dengan nilai bilangan kurang dari 1(satu), faktor pengali satu dilakukan terhadap citra perekaman nadir atau citra dengan sudut perekaman sama dengan nol.

Faktor pengali reflektan untuk setiap kanal dari citra SPOT-4 dirumuskan sebagai berikut:

$$FK_i = 1 + ((sdt/30) * CK_i);$$

Dimana :

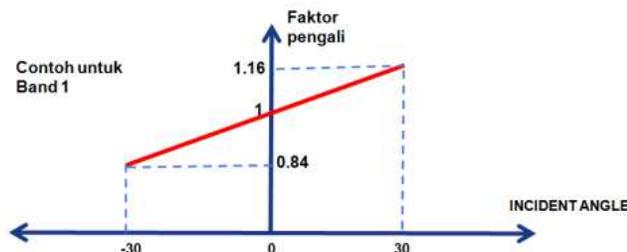
FK_i : Faktor pengali reflektan untuk kanal ke-i (i:1,2,3,4)

CK_i : Konstanta pengali kanal ke-i (i:1,2,3,4)

sdt : Sudut perekaman satelit dalam derajat

Keterangan : nilai 30 diambil karena maximum dan minimum sudut perekaman satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30°.

Jika diambil nilai konstanta pengali CK adalah 0.16, maka nilai factor pengali FK adalah antara 0.84 (1-0.16) sampai 1.16 (1+0.16), karena sudut perekaman satelit diantara -30 dan 30. Gambar 2-3 dibawah menunjukkan nilai factor pengali jika diambil nilai konstanta pengali CK sama dengan 0.16.



Gambar 2-3. Diagram penentuan faktor pengali jika nilai konstanta pengali adalah 0.16

Selanjutnya, nilai reflektan baru ditentukan dengan fungsi linier dari reflektan hasil TOA, dimana reflektan baru merupakan hasil kali dari faktor pengali dengan reflektan hasil TOA.

$$RF_i = FK_i \times RF_i \text{ TOA} \quad (2-4)$$

Dimana : RF_i : reflektan hasil kalibrasi untuk kanal i (i:1,3,4)

FK_i : pengali reflektan untuk kanal ke-i (i:1,3,4)

$RF_i \text{ TOA}$: reflektan hasil TOA untuk kanal I (i:1,2,3,4)

3. Perumusan Masalah

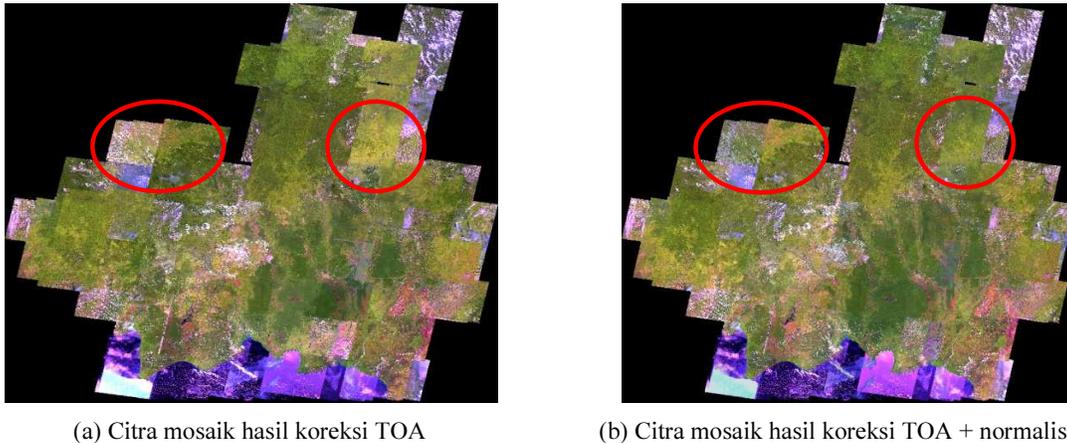
Permasalahan dalam penelitian ini adalah mencari nilai konstanta pengali (CK) untuk setiap kanal pada citra SPOT-4 multispektral, sedemikian sehingga hasil mosaik citra multi spectral SPOT-4 yang dihasilkan mempunyai nilai reflektan yang sama untuk objek hutan.

Dalam penelitian ini dipilih 8 (delapan) nilai konstanta pengali yaitu (0.10,0.12,0.14,....., 0.24). Reflektan hasil kalibrasi atau normalisasi ditampilkan secara visual dengan menggunakan kombinasi warna sesungguhnya (*true color*) yaitu kombinasi kanal 431(RGB) dan dipilih kombinasi true color yang paling baik secara visual untuk kenampakan objek hutan.

Evaluasi secara digital dilakukan dengan membandingkan statistik nilai reflektan hasil normalisasi dengan statistik nilai reflektan hasil TOA untuk objek hutan, baik hutan alami maupun hutan sekunder.

4. Hasil dan Diskusi

Perbandingan citra hasil koreksi radiometrik TOA dan koreksi dua tahap (koreksi radiometrik TOA dilanjutkan dengan normalisasi), disajikan dalam gambar 4-1.



Gambar 4-1. Perbandingan hasil koreksi radiometric citra SPOT Kalimantan Tengah.

Berdasarkan hasil pengolahan koreksi radiometrik yang telah dilakukan, yaitu koreksi radiometrik TOA dan koreksi radiometrik TOA dilanjutkan dengan koreksi sudut perekaman satelit terhadap beberapa sampel penutup lahan seperti hutan primer dan hutan sekunder, maka di ketahui bahwa nilai standar deviasi setelah TOA+Normalisasi adalah menurun hingga dua kali. Hal ini ditunjukkan pada perbandingan antara hasil koreksi radiometri berdasarkan TOA dan TOA+Normalisasi pada hutan primer yang disajikan pada Table 4-1 berikut :

Tabel 4-1. Perbandingan Hasil Pengolahan Koreksi Radiometri TOA dan TOA+Normalisasi Pada Areal Hutan Primer

	TOA			TOA+Normalisasi		
	B1	B3	B4	B1	B3	B4
Min	45.0	37.0	17.0	48.0	36.0	16.0
Max	255.0	236.0	255.0	255.0	210.0	255.0
Mean	79.5	123.8	119.0	75.4	117.4	108.0
Median	75.0	114.0	105.0	75.0	116.0	108.0
Stddev	15.0	28.3	34.7	8.6	16.5	16.8

Pada tabel diatas menunjukkan telah terjadi perubahan yang cukup signifikan, yaitu penurunan standar deviasi dari 15 menjadi 8,6 untuk kanal 1, 28,3 menjadi 16,5 untuk kanal 3 dan 34,7 menjadi 16,8 untuk kanal 4. Pola penurunan standar deviasi yang sama juga terjadi pada areal Hutan Sekunder, yang ditunjukkan pada Tabel 4-2 berikut;

Tabel 4-2. Perbandingan Hasil Pengolahan Koreksi Radiometri TOA dan TOA+Normalisasi Pada Areal Hutan Sekunder

	TOA			TOA+Normalisasi		
	B1	B3	B4	B1	B3	B4
Min	54.0	77.0	70.0	52.0	82.0	87.0
Max	159.0	240.0	255.0	255.0	251.0	255.0
Mean	84.5	153.7	160.1	81.9	149.1	151.0
Median	81.0	150.0	154.0	80.0	149.0	150.0
Stddev	16.0	28.0	37.1	11.5	17.5	20.9

Pada lokasi hutan sekunder, penurunan standar deviasi yang terjadi adalah dari 16 menjadi 11,5 untuk kanal 1, 28 menjadi 17,5 untuk kanal 3 dan 37,1 menjadi 20,9 untuk kanal 4.

5. Kesimpulan

Perekaman satelit SPOT-4 dapat dilakukan secara off nadir, sehingga koreksi radiometrik citra SPOT 4 menggunakan metoda TOA harus dilanjutkan dengan normalisasi menggunakan koreksi sudut perekaman satelit. Normalisasi dilakukan untuk meminimalkan efek radiometrik dari sudut perekaman yang berbeda-beda dari scene SPOT. Hasil dari penelitian ini adalah menemukan nilai konstanta normalisasi hasil koreksi radiometric TOA SPOT-4 yaitu 0,16 untuk kanal 1,2 dan 3, sedangkan kanal 4 yaitu 0,22. Perbaikan hasil koreksi radiometrik dengan teknik TOA dilanjutkan dengan normalisasi dibandingkan dengan teknik TOA, menunjukkan peningkatan kualitas hasil koreksi radiometri yang dibuktikan dengan penurunan standar deviasi untuk objek hutan baik hutan alami maupun hutan sekunder.

6. Daftar Rujukan

- Arvidson, T., Gasch, J., &Goward, S. N. 2001. *Landsat-7's long-term acquisition plan An innovative approach to building a global imagery archive*. Remote Sensing ofEnvironment, 78 (1–2), 13–26.
- Lillesand, T., Kiefer, R.W., Chipman, J. 2007. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons, Inc, U.S.A., 6 th ed., 804 p. ISBN: 978- 0470052457.
- Main, R., Cho, M.A., Mathieu, R., O’Kennedy, M.M., Ramoelo, A., Koch, S. 2011. *An investigation into robust spectral indices for leaf chlorophyll estimation*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 66(2011): 751-761.

Schott, J.R. 2007. *Remote Sensing: The Image Chain Approach*. Oxford University Press, New York, USA, 2nded., 688p. ISBN: 978-0195178173.

SPOT – CNES, (25-01-2013), The project main steps, di download pada tanggal 20 Maret 2013, dari <http://smc.cnes.fr/SPOT/>.

Teillet, P. M. 1986. *Image Correction For Radiometric Effects in Remote Sensing*. International Journal of Remote Sensing Volume 7, Issue 12, 1986. di download pada tanggal 20 Maret 2013, dari <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431168608948958#preview>.

Trisakti, B., dan Nugroho, G. 2012. *Standarisasi Koreksi Data Satelit Multi Temporal Dan Multi Sensor (LANDSAT TM/ETM+ dan SPOT)*. Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia